

УДК 681.5.08

## ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННАЯ ДИАГНОСТИКА ТРАХЕОБРОНХИАЛЬНОЙ ДИСКИНЕЗИИ

С.В. Гюнтер, Н.А. Шеффер\*, Г.Ц. Дамбаев\*, В.Ф. Вотяков

НИИ медицинских материалов и имплантатов с памятью формы, г. Томск

E-mail: guntersv@inbox.ru

\*Сибирский государственный медицинский университет

Предложен способ диагностики трахеобронхиальной дискинезии с использованием оптико-электронной системы регистрации. При диагностировании данного заболевания используется оптико-электронная система, функционирующая по принципу оптической локации. Исследование осуществляется введением зонда в просвет трахеи и главных бронхов. Результат регистрируется на мониторе в виде диаграммы, амплитуда которой зависит от изменения просвета органа. Эффективность способа апробирована на экспериментальной модели трахеобронхиальной дискинезии.

### Ключевые слова:

Оптико-электронная система регистрации, оптико-электронный зонд, инфракрасное излучение.

### Key words:

Opto-electronic system registration, optometrist-electronic probe, infrared radiation.

### Введение

Диагностика трахеобронхиальной дискинезии в хирургической пульмонологии остаётся сложной проблемой. Обычно диагностирование трахеобронхиальной дискинезии выполняется на основе данных функции внешнего дыхания, рентгенологических и эндоскопических методов исследования.

Современные технологии, с учетом оптической электроники позволяют на высоком уровне решать проблему регистрации функциональных нарушений органов и разрабатывать методы, на основании которых создавать высокоэффективные системы исследования и анализа данных.

Одним из таких методов диагностики функциональных нарушений является оптико-электронный метод. В основе данного метода лежит зондирование с применением инфракрасного (ИК) излучения. Метод способен регистрировать микроколебания произвольного сегмента исследуемого органа графически на всем протяжении исследуемого органа с последующим сопоставительным анализом характеристик диаграмм, производить выбор времени и длительность диагностики.

Основным принципом оптического метода является регистрация отражательной способности биологической ткани [1].

### Диагностирование трахеобронхиальной дискинезии

В настоящее время основным методом диагностирования трахеобронхиальной дискинезии является фибробронхоскопия. Результаты исследования зависят от субъективного видения врачом-эндоскопистом степени подвижности стенки трахеи, что вынуждает для уточнения диагноза прибегать к дополнительным методам исследования.

Таким образом, имеющиеся в арсенале врача-клинициста методы диагностики сложны в исполнении и не достаточно точны, что требует поиска новых решений, отличающихся более высокой степенью чувствительности и специфичностью наряду с простотой исполнения [2].

Одним из современных методов, используемых для медицинской визуализации, является метод оптической локации. В его основе лежит принцип зондирования с применением ИК излучения, что позволяет регистрировать микроколебания отдельного сегмента, исследуемого трубчатого органа и графически иллюстрировать изменение его просвета.

Считается актуальным применение данного метода для исследования трахеи, в частности при диагностике трахеобронхиальной дискинезии.

Целью исследования является разработка методики диагностики трахеобронхиальной дискинезии на основе оптико-электронной системы регистрации.

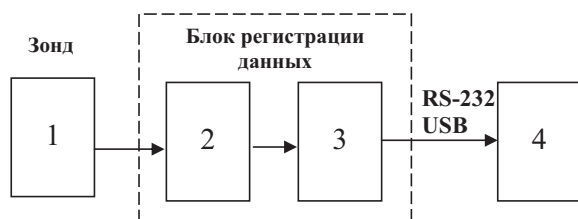
Для определения изменения просвета трахеи и главных бронхов использовалась оптико-электронная система регистрации (рис. 1). В работе устройства применяется метод оптической локации.



Рис. 1. Оптико-электронное устройство регистрации

Данное устройство состоит из электронного блока необходимого для съёма, усиления, фильтрации и обработки полученного сигнала, с последующей передачей на компьютер (рис. 2), эластичного зонда (рис. 3) диаметром 3 мм и длиной рабочей части 400 мм, оснащенного оптопарой, состоящей из двух ИК светодиодов, один из которых является источником, а другой приёмником ИК

излучения. Внешний диаметр зонда максимально подобран к анатомической структуре исследуемого органа [3].



**Рис. 2.** Структурная схема оптико-электронной системы регистрации: 1) оптико-электронный зонд; 2) усилитель; 3) фильтр нижних частот; 4) компьютер

Оптоэлектронный зонд вводится в полость исследуемого органа. Сокращение стенок вызывает изменение интенсивности отраженного светового потока. Сигнал, излучаемый ИК источником излучения, отражается от стенок исследуемого органа. Сокращение стенок вызывает изменение интенсивности отраженного светового потока, которое с помощью ИК-приемника регистрируется и передается в электронный блок диагностического системы. По изменению величины амплитуды, частоты и формы регистрируемого сигнала можно судить об изменении диаметра просвета трахеи [4].

В качестве экспериментальных животных были выбраны собаки. По анатомическому строению, функции и физиологии трахеобронхиальное дерево собаки наиболее подобно таковому у человека и наиболее часто используется для исследования патологии трахеи и бронхов.

В результате исследования разработан способ диагностики трахеобронхиальной дискинезии с использованием оптико-электронной системы регистрации.

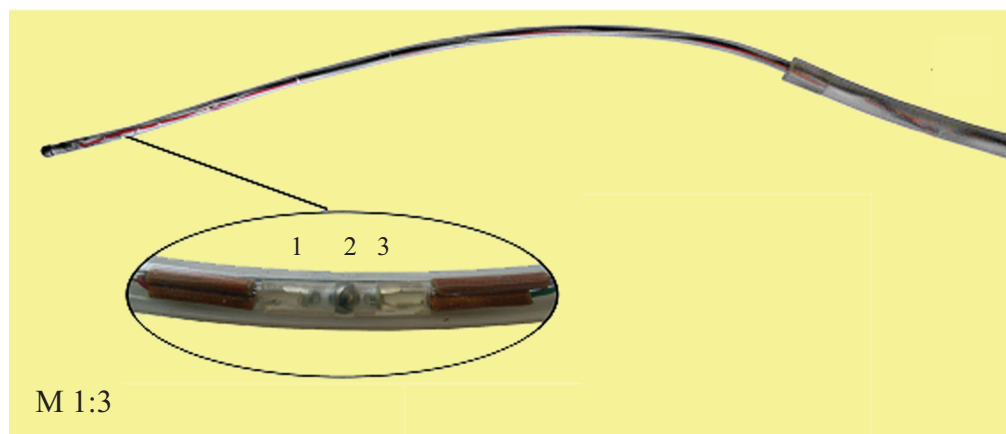
*Методика диагностики трахеобронхиальной дискинезии осуществляется следующим образом.* Оптико-электронный зонд вводят через нос или трахеостому (при наличии таковой) в трахею до точки бифуркации или далее — в один из главных бронхов. Регистрацию осуществляют на всем протяжении главных бронхов и трахеи до подскалочного

пространства на участках протяженностью 10 мм путём пошагового прохождения зонда от дистальных отделов дыхательных путей к голосовым складкам. Продолжительность регистрации на каждом участке должна быть не менее 20 с.

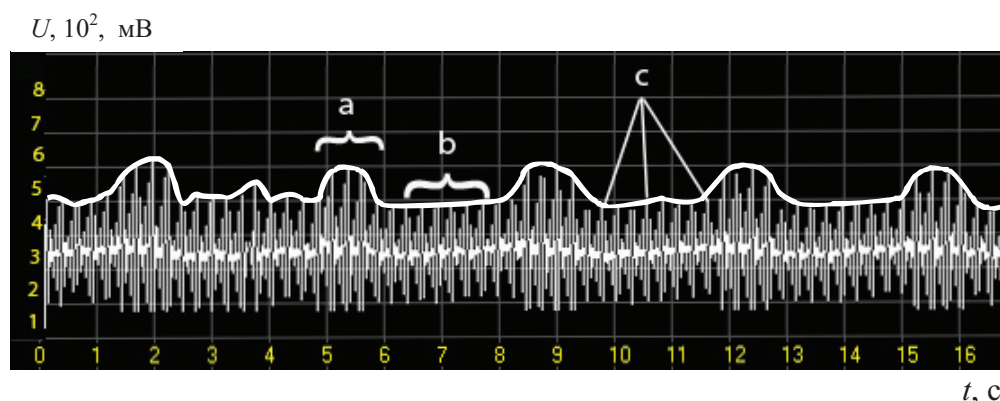
На первом этапе эксперимента по разработанной методике регистрировали просвет интактной трахеи животного (собаки). Полученная диаграмма была принята за исходную и на дальнейших этапах эксперимента позволяла сравнивать полученные данные. При анализе графика сопоставляются сигналы с оптопары с временным сдвигом по оси X и сигналы, характеризующие степень изменения просвета трахеи по оси Y (рис. 4). Схема дыхания исследуемой стенки трахеи отражается на диаграмме релаксациями амплитуды сигнала синхронно фазам вдоха и выдоха. Меньшая амплитуда соответствует вдоху, а большая амплитуда — выдоху, т. е. уменьшению просвета трахеи. Источником модуляции амплитуды сигнала служат микроколебания мембранозной части трахеи, возникающие при протекании струи газов вдоль эластичной стенки.

Второй этап исследования заключался в моделировании трахеобронхиальной дискинезии путём подслизистой резекции 4-х хрящевых полуколец трахеи. В результате этого стенка трахеи становилась избыточно подвижной на локальном участке и была представлена только слизисто-подслизистым слоями. При последующей регистрации в месте смоделированного участка трахеи на диаграмме регистрировалось увеличение амплитуды в фазе выдоха по оси Y, что свидетельствует об уменьшении расстояния между стенкой трахеи и зондирующим устройством на выдохе (рис. 5). Это объясняется увеличением подвижности стенки трахеи за счет потери упруго-эластичных свойств.

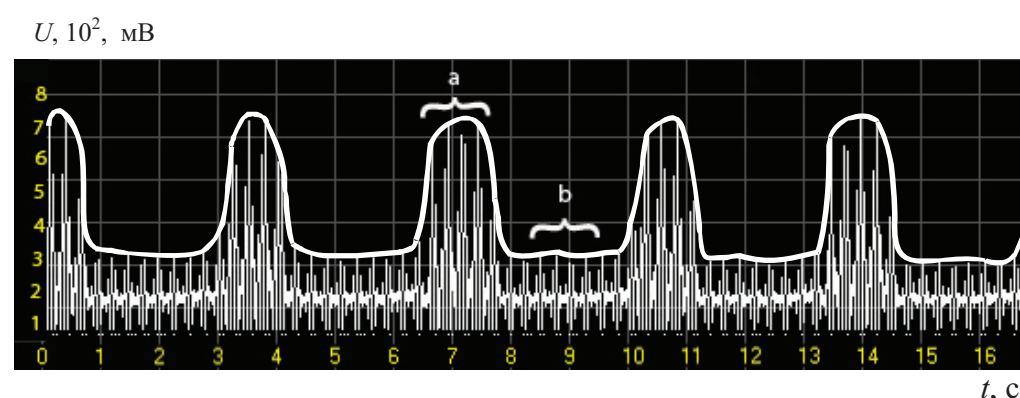
На заключительном этапе выполняли укрепление стенки трахеи имплантатом из пористо пронизанного никелида титана, в результате чего восстанавливали ее упруго-эластичные свойства. В последующем на данном участке выполняли регистрацию просвета трахеи. При анализе диаграммы отмечается уменьшение амплитуды в фазе выдоха



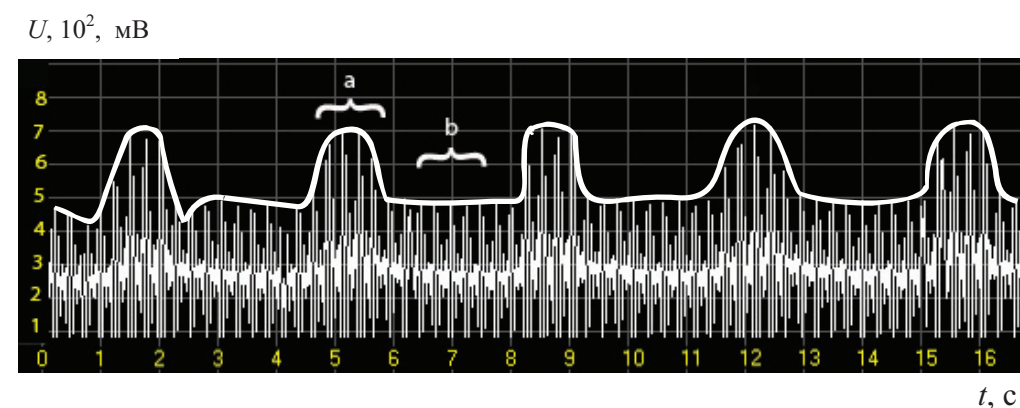
**Рис. 3.** Оптико-электронный зонд: 1) источник ИК излучения; 2) светорассеивающий шарик; 3) приёмник ИК излучения



**Рис. 4.** Осциллограмма регистрации просвета интактной трахеи: а) выдох; б) вдох; с) микроколебания мембранозной части трахеи



**Рис. 5.** Осциллограмма регистрации просвета трахеи на участке смоделированной трахеобронхиальной дискинезии: а) выдох; б) вдох



**Рис. 6.** Осциллограмма регистрации просвета трахеи после экстратрахеального укрепления участка трахеобронхиальной дискинезии: а) выдох; б) вдох

по оси Y, что свидетельствует об уменьшении подвижности стенки трахеи после укрепления (рис. 6). Обращает на себя внимание увеличение амплитуды сигнала, что связано с утратой хрящевого каркаса на участке и увеличением амплитуды микроколебаний стенок трахеи.

Анализ диаграмм позволяет судить о наличии участка патологической подвижности стенки трахеи, что имеет диагностическую ценность при таком заболевании как трахеобронхиальная дискинезия. Полученные положительные результаты

экспериментального исследования позволяют продолжить работу, направленную на усовершенствование способа, и рекомендовать клиническую апробацию.

Благодаря информативности исследования, разработанный способ может использоваться в качестве контроля динамики заболевания. Это позволит посредством серии диаграмм отслеживать изменение просвета трахеи или одного из главных бронхов и исключить возможный субъективизм допустимый в других методах исследования.

## Выводы

Создана оптико-электронная система диагностики бронхо-лёгочных заболеваний, характеризующихся динамическими изменениями просвета дыхательных путей, позволяющая:

- регистрировать колебания небольших сегментов исследуемого органа с высокой степенью чувствительности;

- реализовать высокую степень помехозащищённости, т. к. источник и приемник зонда в оптическом устройстве развязаны электрически;
- визуализировать работу диагностируемого органа в реальном времени;
- применять биологически неактивное ИК излучение для диагностики заболевания.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Понтер С.В., Вотяков В.Ф., Телепушкина О.В. Зонды, применяемые для функциональной диагностики органов желудочно-кишечного тракта // Современные техника и технологии: Матер. XV Междунар. научно-практ. конф. — г. Томск, 4–8 мая 2009. — Томск, 2009. — Т. 1. — С. 586–588.
2. Петровский Б.В., Перельман М.И., Королева Н.С. Трахеобронхиальная хирургия. — М.: Медицина, 1988. — 278 с.

3. Способ исследования моторной функции органов желудочно-кишечного тракта и устройство для его осуществления: пат. 2307583 Рос. Федерация. Заявл. 29.03.06; опубл. 10.10.07.
4. Понтер С.В., Дамбаев Г.Ц., Вотяков В.Ф. Оптико-электронная регистрация функциональных нарушений полых трубчатых органов с использованием инфракрасного излучения // Имплантаты с памятью формы. — 2008. — № 2. — С. 26–32.

Поступила 23.06.2011 г.

УДК 62-83:621.313.333

## УРАВНЕНИЯ ДИНАМИКИ АСИНХРОННОЙ МАШИНЫ, ИНВАРИАНТНЫЕ К СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ СИСТЕМЫ КООРДИНАТ

А.А. Федоренко, Э.Н. Лазовский, М.А. Печатнов

Политехнический институт Сибирского федерального университета, г. Красноярск  
E-mail: lazovski@bk.ru

Приведены два варианта математических моделей асинхронной машины, инвариантных к скорости вращения координатной системы. Показаны особенности программного обеспечения таких моделей, обусловленные наличием операций деления, и дана их сравнительная оценка с моделями в декартовых координатах. Отмечена возможность использования в качестве переменных состояния асинхронной машины модулей результирующих векторов трехфазных переменных и их фазовых сдвигов относительно друг друга для разработки новых структур автоматизированных асинхронных электроприводов.

### Ключевые слова:

Асинхронная машина, результирующий вектор, математическая модель, полярные координаты.

### Key words:

Asynchronous machine, resultant of vectors, mathematical model, polar coordinates.

Фрагменты уравнений асинхронной машины, в которых векторные переменные представлены их полярными координатами, находят все большее применение как при проектировании систем автоматического управления асинхронными электроприводами, так и при анализе их динамических и установившихся режимов [1, 2]. В работе [3] приведены шесть вариантов записи таких уравнений, описывающих процессы в ненасыщенной асинхронной машине с короткозамкнутым ротором при общепринятых допущениях [4]. Однако, уравнения в полярных координатах изучены мало, а их свойства изучены недостаточно. Это ограничивает применение таких уравнений в инженерной практике.

Цель настоящей работы восполнить указанный пробел в области математического моделирования установившихся и переходных процессов в асинхронных электрических машинах.

Как отмечено в [4], наибольшее распространение получили дифференциальные уравнения, в которых связь электромагнитного момента  $M_d$  двигателя с результирующим вектором напряжения статора  $\vec{U}_s$  выражена через промежуточные векторные переменные, ток статора  $\vec{i}_s$  и потокосцепление ротора  $\vec{\psi}_r$  (система  $\vec{i}_s - \vec{\psi}_r$ ), или потокосцепление статора  $\vec{\psi}_s$  и потокосцепление ротора  $\vec{\psi}_r$  (система  $\vec{\psi}_s - \vec{\psi}_r$ ).

Для указанных сочетаний векторных переменных эти уравнения в полярных координатах имеют вид:

Модель в переменных  $\vec{i}_s - \vec{\psi}_r$ :

$$U_s \cdot \cos(\theta_{u_s} - \theta_{i_s}) = r_s \left( T_\sigma \frac{di_s}{dt} + i_s \right) + K_r z_p \omega \psi_r \sin(\theta_{i_s} - \theta_{\psi_r}) - \frac{K_r}{T_r} \psi_r \cos(\theta_{i_s} - \theta_{\psi_r}),$$